

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-075263

(43)Date of publication of application : 15.03.2002

(51)Int.Cl.

H01J 37/21

G21K 5/00

G21K 5/04

H01J 37/22

H01J 37/28

(21)Application number : 2000-260873

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 25.08.2000

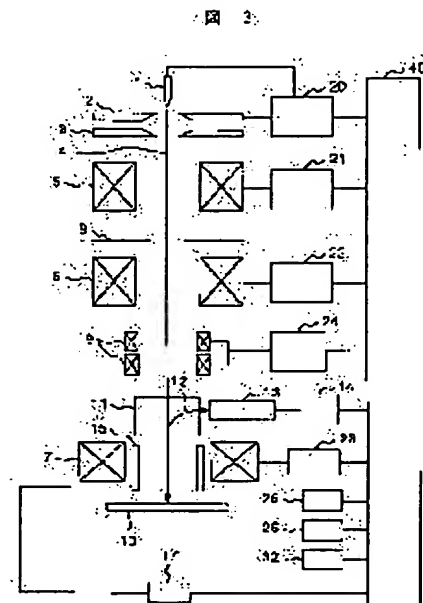
(72)Inventor : SATO MITSUGI
MIZUNO FUMIO
TODOKORO HIDEO
ESUMI MAKOTO
TAKANE ATSUSHI

(54) ELECTRON BEAM DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an electron beam device which can obtain a maximum enlargement effect of focal depth at minimum number of image uptake by acquiring a plurality of images with an optimum focal shifting amount in interlocking with image-forming conditions.

SOLUTION: With the electron beam device equipped with beam-focusing means 5, 6 for stopping down a first electron beam 4 emitted from an electron beam source with an object lens, a beam scanning means for scanning the first electron beam on a sample 10, a detecting means 13 for detecting a second signal 12 generated from the sample by the beam scanning, and an image-forming means forming a sample image from the second signal 12 to obtain a scanning image of the sample, the device is further equipped with a focus control volume determining means 15 for determining a changing width of a beam-focusing position in interlocking with the image-forming conditions, a focus controlling means for controlling focus conditions of the beam in correspondence with the focus control volume, image number determining means for determining the number of image sheets, an image uptaking means for continuously uptaking a plurality of images of different focus conditions controlled by the focus controlling means, and a memory means for memorizing the plurality of images.



15...フォーカス制御手段 17...フォーカス制御手段制御手段

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

12.02.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-75263

(P2002-75263A)

(43) 公開日 平成14年3月15日 (2002.3.15)

| (51) Int.Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | テーマコード* (参考) |
|--------------------------------------|-------|---------------|--------------|
| H 0 1 J 37/21 | | H 0 1 J 37/21 | B 5 C 0 3 3 |
| G 2 1 K 5/00 | | G 2 1 K 5/00 | R |
| | | | A |
| | 5/04 | 5/04 | M |
| H 0 1 J 37/22 | 5 0 2 | H 0 1 J 37/22 | 5 0 2 H |
| 審査請求 未請求 請求項の数23 O L (全 13 頁) 最終頁に続く | | | |

(21) 出願番号 特願2000-260873 (P2000-260873)

(22) 出願日 平成12年8月25日 (2000.8.25)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 佐藤 貢

茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株

式会社日立製作所計測器グループ内

(72) 発明者 水野 文夫

茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株

式会社日立製作所計測器グループ内

(74) 代理人 100068504

弁理士 小川 勝男 (外2名)

最終頁に続く

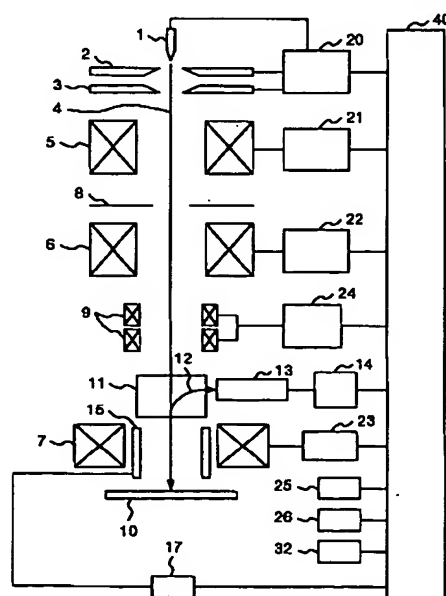
(54) 【発明の名称】 電子線装置

(57) 【要約】

【課題】 像形成条件に連動して、最適な焦点ずらし量で複数画像を取得し、最小の画像取り込み数で、最大の焦点深度拡大効果が得る電子線装置の提供。

【解決手段】 電子源から放出された1次電子ビーム4を対物レンズ7で細く絞るビーム収束手段5、6と、1次電子を試料10上で走査するビーム走査手段と、該ビーム走査によって試料から発生する2次信号12を検出する検出手段13と、2次信号12から試料像を形成する像形成手段を備え試料の走査像を得る電子線装置において、像形成条件に連動してビーム収束位置変化幅を決めるフォーカス制御量決定手段15と、フォーカス制御量に対応してビームのフォーカス条件を制御するフォーカス制御手段と、画像の枚数を決定する画像数決定手段と、該フォーカス制御手段15で制御された異なる複数のフォーカス条件の画像を連続して取り込む画像取得手段と、複数画像を記憶する記憶手段とを有する電子線装置。

図 3



【特許請求の範囲】

【請求項1】 電子源から放出された1次電子ビームを対物レンズで細く絞るビーム収束手段と、1次電子を試料上で走査するビーム走査手段と、該ビーム走査によって試料から発生する2次信号を検出する検出手段と、2次信号から試料像を形成する像形成手段を備え、試料の走査像を得る電子線装置において、像形成条件に連動してビーム収束位置変化幅を決めるフォーカス制御量決定手段と、該フォーカス制御量に対応してビームのフォーカス条件を制御するフォーカス制御手段と、画像の枚数を決定する画像数決定手段と、該フォーカス制御手段で制御された異なる複数のフォーカス条件の画像を連続して取り込む画像取得手段と、該複数画像を記憶する記憶手段とを有することを特徴とする電子線装置。

【請求項2】 電子源から放出された1次電子ビームを対物レンズで細く絞るビーム収束手段と、該1次電子を試料上で走査するビーム走査手段と、該ビーム走査によって試料から発生する2次信号を検出する検出手段と、該2次信号から試料像を形成する像形成手段を具備して試料の走査像を得る電子線装置において、像形成条件に連動してビーム収束位置変化幅を決めるフォーカス制御量決定手段と、該フォーカス制御量に対応してビームのフォーカス条件を制御するフォーカス制御手段と、画像の枚数を決定する画像数決定手段と、該フォーカス制御手段で制御された異なる複数のフォーカス条件の画像を連続して取り込む画像取得手段と、該複数画像を記憶する記憶手段と、該複数の記憶画像から新たな画像を構築する画像構築手段とを具備することを特徴とする電子線装置。

【請求項3】 前記フォーカス制御量決定手段は、加速電圧 (V_{acc})、対物レンズのワーキングディスタンス (WD)、ビーム収束角 (α)、像倍率 (M)、1次ビームのビーム径で決まる像分解能 (R)、画像の画素数 (Npix)、画像の画素サイズ (dpix)、プローブ電流 (I_p) のいずれか、もしくは、それらの複数の組み合わせでフォーカス制御量を決定する請求項1または2に記載の電子線装置。

【請求項4】 係数をA1、A2とし、観察倍率 (M) が所定の値よりも小さいときには、フォーカス制御量 = $A1 \times dpix / M$ とし、観察倍率が所定の倍率よりも大きいときには、フォーカス制御量 = A2 (一定) の関係でその値が決定されるよう構成した請求項3に記載の電子線装置。

【請求項5】 前記係数A1は、ビーム収束角 α と実質的に反比例の関係でその値が決定される請求項4に記載の電子線装置。

【請求項6】 前記係数A1は、加速電圧 (V_{acc}) の平方根と、そのビーム条件における1次電子ビームの分解能 (R) の積に実質的に比例する関係でもってその値

が決定される請求項4に記載の電子線装置。

【請求項7】 前記係数A2は、加速電圧 (V_{acc}) の平方根と分解能の2乗との積に実質的に比例する関係でもってその値が決定される請求項4に記載の電子線装置。

【請求項8】 前記係数A1および/またはA2は、電子源の輝度 (B_s) とプローブ電流 (I_p) の比で決まる関数値に実質的に比例する関係でもって、その値が決まる請求項5～7のいずれかに記載の電子線装置。

【請求項9】 前記フォーカス制御量は、加速電圧毎に予め決められたテーブル値からその値が決定される請求項1または2に記載の電子線装置。

【請求項10】 フォーカス制御手段は、1次ビームを最終的に試料上に収束させる対物レンズの磁界強度を変化させてビームの収束条件を制御する請求項1～9のいずれかに記載の電子線装置。

【請求項11】 フォーカス制御手段は、対物レンズとは別に設けた他の磁界形レンズ、もしくは、静電形レンズでもって構成される請求項1～9のいずれかに記載の電子線装置。

【請求項12】 試料に電圧を印加する試料電圧印加手段を具備するとともに、前記フォーカス制御を該試料電圧印加手段の電圧の制御でもって行う請求項1～9のいずれかに記載の電子線装置。

【請求項13】 請求項1～12のいずれかに記載の電子線装置において、前記画像数決定手段は、連続して取り込む画像の枚数を数値入力、あるいはリストから選択して設定する手段であるに記載の電子線装置。

【請求項14】 前記画像数設定手段は、画像の画素数に応じて、その設定最大数を制限する請求項13に記載の電子線装置。

【請求項15】 前記画像数決定手段は、フォーカス範囲の上限と下限とを設定するフォーカス範囲設定手段と、該フォーカス範囲設定手段の設定値から画像枚数を計算する画像枚数計算手段とから構成される請求項1～12のいずれかに記載の電子線装置。

【請求項16】 前記画像数決定手段は、2ヶ所のフォーカス調整値を各々登録するフォーカス調整値登録手段と、該フォーカス値登録手段の登録値から画像枚数を計算する画像数計算手段とから構成される請求項15に記載の電子線装置。

【請求項17】 前記画像数決定手段は、フォーカス制御範囲の差 (フォーカス深さ) を設定するフォーカス深さ設定手段と、該フォーカス深さ設定手段の設定値に基づき画像数を計算する計算手段とから構成される請求項1～12のいずれかに記載の電子線装置。

【請求項18】 前記フォーカス制御手段は、現在のフォーカス状態を基準にして、アンダーフォーカスの方向にフォーカスを制御しながら、所定数の画像を連続して

取り込む請求項 1～17 のいずれかに記載の電子線装置。

【請求項 19】 前記フォーカス制御手段は、現在のフォーカス状態を基準にして、オーバーフォーカスの方向にフォーカスを制御しながら、所定数の画像を連続して取り込む請求項 1～17 のいずれかに記載の電子線装置。

【請求項 20】 前記フォーカス制御手段は、現在のフォーカス状態を中央状態として、オーバーフォーカスからオーバーフォーカスの範囲でフォーカスを制御しながら、所定数の画像を連続して取り込む請求項 1～17 のいずれかに記載の電子線装置。

【請求項 21】 複数の画像から新たな画像を構築する前記画像構築手段は、画像間の位置ずれを補正する位置補正のステップと、画像間の明るさの違いを補正する明るさ補正ステップと、画像間の対応する画像要素から焦点の最も合致した画像要素を抽出する焦点画像抽出処理と、該抽出画像要素を組み合わせる新たな画像を構築する合焦点画像構築ステップとから構成される請求項 2～20 のいずれかに記載の電子線装置。

【請求項 22】 連続して取得した複数の画像の合成で得られる画像の焦点深度の値を表示する表示手段を有する請求項 1～21 のいずれかに記載の電子線装置。

【請求項 23】 連続して取得した画像を合成した得られた画像上で、任意の 2 点を指定する指定手段と、該指定手段で指定された 2 点間の高さの差を計算する計算手段と、該計算手段の計算結果を表示する表示手段を有する請求項 2～22 のいずれかに記載の電子線装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は電子線装置に係り、特に、試料ダメージを最小にして、焦点深度の深い試料像を得るのに好適な電子線装置（電子顕微鏡）に関する。

【0002】

【従来の技術】走査電子顕微鏡に代表されるような、収束電子線を試料上で走査して試料の拡大像を得る電子線装置は、電子の波長が光より短いことから、光学顕微鏡に比較して高い分解能と深い焦点深度で試料の拡大像が得られる装置である。

【0003】ところが、近年の装置の高分解能化に伴ってビームの収束角が増大し、この結果として拡大像の焦点深度が低下してきた。

【0004】一方、元来、焦点深度の浅い光学顕微鏡像に対しては、焦点位置の異なる複数のデジタル画像を合成して、焦点深度の深い画像を構築する画像処理ソフトが市販されている。

【0005】また、特開平 5-299048 号公報には、フォーカス条件の異なる複数の走査像を取り込み、試料の三次元像を形成する技術が開示されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】一般に、走査電子顕微鏡の倍率は、数十倍から 100 万倍程度の範囲で可変できるようにしており、光学顕微鏡と比較して桁違いのダイナミックレンジを有している。このような観察装置において、焦点位置の異なる複数の画像から焦点深度の深い画像を合成するには、合成する画像間の焦点ずらし量を最適に制御することが重要である。

【0007】本発明の目的は、装置パラメータや観察条件などの像形成条件に連動して、最適な焦点ずらし量で複数の画像を取得することにより、最小の画像取り込み数で、最大の焦点深度拡大効果が得られる電子線装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】前記課題を明確にするために、まず、像形成条件と焦点深度の関係について、図 6 および図 7 を用いて説明する。

【0009】図 6 および図 7 は、いずれも一定のフォーカス条件で走査像を形成した場合の観察倍率と、焦点の合う範囲（焦点深度）との関係を示したものである。

【0010】図 6 は、加速電圧が同じ条件に対して、装置の分解能が異なる場合の焦点深度を、分解能が低い場合：A、分解能が高い場合：B で示している。一方、図 7 は、同一のビーム分解能に対して、加速電圧が異なる場合の焦点深度を、加速電圧が高い場合：A、加速電圧が低い場合：B で示している。

【0011】各々の像形成条件において、これらのグラフに示す焦点深度よりも深い焦点深度の画像が必要な場合には、焦点位置（フォーカス条件）の異なる複数の画像を取り込んで合成することが必要になる。

【0012】図 6、図 7 に示されるように、焦点深度は、観察倍率だけでなくビーム分解能や加速電圧などのビーム条件にも大きく依存している。さらに、焦点深度は像形成するときの画素数、または、画素サイズにも依存する。即ち、画素数が多くなると画素サイズが小さくなるため、焦点が合っていると見なせるビームのぼけ量の許容値が小さくなり、焦点深度が浅くなる。

【0013】従って、観察倍率を含むこれら像形成条件に連動して、最適な焦点ずらし量を計算しながら、走査像を取り込むことが重要である。例えば、高倍率の像では、微少な焦点ずらし量の画像を取得して合成する必要があるが、低倍率では、この焦点ずらし量が必要以上に細かすぎることになる。

【0014】即ち、ある一定の焦点ずらし量で複数の画像を取り込んで画像の再構築を行っても、走査電子顕微鏡の倍率範囲の全てにおいて、十分な焦点深度拡大効果を得ることができない。

【0015】従来技術においては、この点の配慮が全くなく、所定の焦点深度の画像を得るのに、必要以上の枚数の画像を取り込む必要があった。一方、焦点深度を拡

大するために複数画像を取得する場合、試料上の同一場所が繰り返しビーム走査される。従って、合成に用いる画像数が多くなると、試料がビームダメージを受けて、試料の特徴を正しく反映した合成像が得られないと云う問題が生じる。このため、焦点深度の拡大に用いる画像数を最小限にすることが特に重要である。

【0016】上記課題を解決するために、本発明では、像形成条件から最適な焦点ずらし量を決定する手段と、

$$fd = A1 \times (dpix/M) \times R \times \sqrt{Vacc} \quad \dots [1]$$

ここで、A1は定数、dpixは画素サイズ、Mは観察倍率、Rはビーム分解能（ビーム径で決まる分解能）、Vaccは加速電圧を表す。

【0019】観察倍率が高くなると、走査像の解像度は

$$fd = A2 \times R^2 \times \sqrt{Vacc} / \sqrt{(1 + 0.73 \times (Ip/B0) \times 10^{14})} \dots [2]$$

ここで、A2は定数、Ipはプローブ電流、B0は1V当りに換算した電子銃の輝度を表す。

【0021】倍率の高い領域では、式[2]に示されるように像形成に寄与する多くの条件が焦点深度に影響を与えている。輝度B0が非常に高い電界放大型電子源の

$$fd = A2 \times R^2 \times \sqrt{Vacc}$$

と表すことができる。

【0023】なお、式[1]から式[3]において、ビーム分解能Rは、次式[4]

$$R = 0.61\lambda / \alpha = 0.75 / (\alpha \times \sqrt{Vacc}) \quad \dots [4]$$

の関係で表すことができるため、式[1]～[3]のビーム分解能Rを式[4]の第2項、または、第3項に置き換えて表すことができる。なお、λは電子の波長、αは1次ビームの収束角度（半角）を表す。

【0025】フォーカスの異なる複数の画像を取得して適切な合成を行えば、式[1]から式[3]で示される焦点深度よりも深い焦点深度の画像が得られるが、この場合、画像間の焦点ずらし量を式[1]～[3]で表される値と同等か若干小さめにすることにより、最小の画像数で、最大の焦点深度拡大効果を得ることができる。

【0026】焦点ずらし量決定手段では、加速電圧や電子源輝度、プローブ電流、画素数、倍率、ビーム分解能などの像形成条件から、式[1]～[3]の計算に基づいて、最適な焦点ずらし量を計算する。

【0027】焦点ずらし量決定手段では、これらの計算結果を予めテーブルに記載し、像形成条件から対応する焦点ずらし量を、該テーブルから決定することも可能である。

【0028】また、フォーカスの合わせたい上限と下限（焦点深度の範囲）を設定する手段、あるいは、焦点深度範囲を直接数値入力する手段などを具備することにより、式[1]～[3]の結果を用いて、最小で最適な画像取り込み数を決めることができる。

【0029】さらに、焦点ずらし量の設定値に基づき、1画像取り込み毎にフォーカスを変更するフォーカス制御手段と、フォーカス制御手段と画像取り込みを連続し

合成像として必要な焦点深度を設定する手段と、これらの手段から焦点深度設定値を満足する最小の取り込み画像数を決定する手段とを設けた。

【0017】フォーカス条件が一定な一枚の走査像の焦点深度fdは、観察倍率が低い場合、次式[1]で表される。

【0018】

【数1】

ビーム分解能Rに制限されるようになり、このときの焦点深度は次式[2]で表される。

【0020】

【数2】

場合には、式[2]の(Ip/B0)の項が非常に小さくなるため、高倍率領域の焦点深度を、実用上次式

【3】

【0022】

【数3】

… [3]

【0024】

【数4】

て行う連続画像取り込み手段や、連続画像を保存する画像保存手段を設けている。

【0030】フォーカス制御手段では、現在のフォーカス条件を中心にしてフォーカスを制御したり、現在のフォーカスを端点としてフォーカスを制御したり、あるいは、予め設定されたフォーカス範囲で制御するなど、種々の制御型態が可能である。

【0031】さらに、取り込んだ複数画像の合成で得られる焦点深度を、画像間の焦点変化幅と画像数、および、電子光学系の焦点深度から計算する手段と、この値を表示する表示手段を設け、得られた画像の焦点深度を観察者が容易に分かるようにしている。

【0032】焦点深度を拡大するための画像合成（焦点合成）を、走査電子顕微鏡の機能と独立に行う場合には、画像保存手段に記憶した複数の画像を他の画像合成手段（例えば、市販のソフト）に提供して、焦点深度の深い画像を合成することができる。

【0033】本発明では、連続画像取り込みから焦点深度の深い合成画像の表示、保存まで一括して行うために、さらに、連続画像から焦点深度の深い合成画像を構築する画像構築手段を設けた。

【0034】焦点深度を拡大するために使用する複数画像には、それぞれの対物レンズの焦点位置情報を有しているため、合成画像で指定した画像位置に対応する対物レンズの焦点位置情報を確定することができる。そのため、合成画像上の任意の2点を指定する画像位置指定手

段と、指定された 2 点の対物レンズ焦点位置を抽出する焦点位置抽出手段とを設けて、抽出した焦点位置情報から指定された 2 点間の高さの差を計算し、この結果を表示する表示手段を設けた。

【0035】

【発明の実施の形態】以下、本発明の電子線装置の実施の形態を説明する。

【0036】図 1 は、本発明の一例である走査電子顕微鏡（SEM）の概略構成図である。陰極 1 と第 1 陽極 2 の間には、マイクロプロセッサ（CPU）40 で制御される高圧制御電源 20 により電圧が印加され、所定のエミッション電流で 1 次電子線 4 が陰極 1 から引き出される。陰極 1 と第 2 陽極 3 の間には、CPU 40 で制御される高圧制御電源 20 により加速電圧が印加されるため、陰極 1 から放出された 1 次電子線 4 は加速されて後段のレンズ系に進行する。

【0037】1 次電子線 4 は、レンズ制御電源 21 で制御された収束レンズ 5（ビーム収束手段）で収束され、絞り板 8 で 1 次電子線の不要な領域が除去された後、第 2 収束レンズ制御電源 22 で制御された収束レンズ 6（ビーム収束手段）、および、対物レンズ制御電源 23 で制御された対物レンズ 7 により、試料 10 に微小スポットとして収束される。対物レンズ 7 は、インレンズ方式、アウトレンズ方式、または、シュノーケル方式（セミインレンズ方式）など種々の形態をとることができる。

【0038】1 次電子線 4 は、走査コイル 9 で試料 10 上を 2 次元的に走査される。1 次電子線の照射で、試料 10 から発生した 2 次電子等の 2 次信号（試料信号）12a、12b は、対物レンズ 7 の上部に進行した後、2 次信号分離用の直交電磁界発生装置 11 により、それぞれエネルギーの違いにより分離されて 2 次信号検出器 13a および 13b の方向に進行する。

【0039】これらの 2 次信号 12a、12b は、その後、2 次信号検出器 13a および 13b で検出される。

【0040】2 次信号検出器 13a、13b の信号は、それぞれ信号増幅器 14a、14b を経て、像信号として表示用画像メモリ 25 に記憶される。表示用画像メモリ 25 に記憶された画像情報は、像表示装置 26 に随時表示される。

【0041】走査コイル 9 の信号は、観察倍率に応じて走査コイル制御電源 24 により制御される。

【0042】焦点の異なる複数の画像は、CPU 40 でフォーカス制御条件が計算され、連続して取り込まれ、画像メモリ 32 に記憶される（画像構築手段）。画像メモリ 32 に記憶された画像データは、SEM から外部に取出すことができる。

【0043】また、画像メモリ 32 の画像は、CPU 40 で画像処理されて、焦点深度を拡大した画像として合成され、画像メモリ 25 に記憶されて像表示装置 26 に

表示される。

【0044】合成画像は、画像メモリ 32 にも記憶することができ、SEM から外部に合成画像データを取り出すことができる。なお、画像処理は、CPU 40 に記憶されたプログラムで実施することも可能であるが、専用のハードウェアで高速に行うこともできる。さらに、専用のハードウェアでは画像処理が高速に行えることから、焦点の異なる連続画像を取り込みながら、並行して逐次画像処理を行い、焦点深度の深い画像を合成することもできる。

【0045】図 2 は、SEM のハードウェア制御用の CPU とは別に、データ処理やマンマシンインタフェース機能を備えた他のコンピュータを組込み接続した本発明の一例である走査電子顕微鏡（SEM）の概略構成図である。

【0046】この例では、制御 CPU 40 に組み込まれた画像メモリ 32 に、連続画像を一旦記憶した後、データ処理用 PC（コンピュータ）42 にデータを転送する。該 PC 42 に転送された画像データは、該 PC 42 のプログラムで処理されて、焦点深度の深い画像が合成される。この合成画像は、データ処理用 PC 42 に接続されている表示用モニタ 43 で表示される。

【0047】図 3 は、複数画像の連続取り込み時のフォーカス制御を対物レンズ部に配置した電極で行う走査電子顕微鏡の概略構成図である。

【0048】対物レンズ 7 部に軸対称なフォーカス制御用電極 15（フォーカス制御量決定手段）を配置している。この電極の電位分布は、少なくともその一部が対物レンズ 7 の磁界と重畳するように配置され、その電圧はフォーカス制御用制御電源 17 で制御することにより、1 次電子のフォーカス位置が変化する。

【0049】図 4 は、複数画像の連続取り込み時のフォーカス制御を対物レンズ部に配置した他の磁界発生用コイルで行う走査電子顕微鏡の概略構成図である。

【0050】対物レンズ 7 の近傍に別のフォーカス制御用磁界発生コイル 16 を配置しており、この励磁電流をフォーカス制御コイル用制御電源 18 で変化させることにより、1 次電子のフォーカス位置が変化する。

【0051】図 5 は、複数画像の連続取り込み時のフォーカス制御を試料に印加する電圧の制御で行う走査電子顕微鏡の概略構成図である。

【0052】対物レンズ部 7 に 1 次電子を加速するフォーカス制御用磁界発生コイル 16 と、試料に電圧を印加する試料印加電圧制御電源 19 が配置され、該制御電源 19 により試料の電圧を制御することにより、1 次電子のフォーカス位置が変化する。

【0053】図 8 は、画像数を指定して連続画像を取り込む制御フローの一例を示すフロー図である。オペレータは、画像数設定画面（画像数設定手段）に画像数を直接入力するか、あるいは、定められた選択範囲から画像

数を選択して取り込む画像数を入力できる（画像数決定手段）。

【0054】一方、制御CPUでは、現在の像形成条件（倍率、加速電圧、ビーム分解能、画素数など）からビームの焦点深度を計算し、この結果と指定された画像数とから最適な焦点変化量を決定する。

【0055】オペレータはさらに、画像取得時のフォーカス制御に対して、Underフォーカス方向やOverフォーカス方向、あるいは、現在値を中心にした双方向のフォーカス制御の別を、設定画面により設定できる。制御CPUでは、この制御方法の指定条件に対応してフォーカス制御を行いながら、指定された数の画像を連続して取り込む。これらの画像は画像メモリに記憶され、その後の処理（画像転送、画像合成など）に用いる。

【0056】図9は、焦点深度の値を指定して連続画像を取り込む制御フローの一例を示すフロー図である。この場合、オペレータは、必要とする焦点深度の値を直接指定する。制御CPUでは、ビームの焦点深度から、指定された焦点深度を満足する画像数と焦点ずらし量を決定し、図8と同様の手順により、連続画像を取り込み、保存する。

【0057】図10は、焦点の合う範囲を指定して連続画像を取り込む制御フローの一例を示すフロー図である。この場合、オペレータは、観察画像において焦点を合わせたい下限と上限とを指定（任意の2点を指定する指定手段）する。そのために、まずフォーカスの下限となる試料の部位にフォーカスを合わせ、このフォーカス条件を第一の条件としてCPUに登録する。

【0058】次に、フォーカスの上限となる試料の部位にフォーカスを合わせて、第二のフォーカス条件としてCPUに登録する。

【0059】制御CPUでは、これら登録条件に基づきフォーカスの制御範囲を計算し、ビームの焦点深度値から適切な画像数と焦点ずらし量を決定する。

【0060】

【発明の効果】本発明によれば、前記各種形態により取り込まれた複数画像を合成すれば、オペレータが意図した焦点深度の画像を構築することが可能になる。

【0061】そして、画像取り込みに必要な試料へのビーム照射量（画像の枚数に比例）は、理論的な最小値にすることができるため、ビームダメージの抑制と、画像取得時間および処理時間を短縮することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一例である走査電子顕微鏡の概略構成

図である。

【図2】データ処理やマンマシンインタフェース機能を備えた他のコンピュータを接続した走査電子顕微鏡の概略構成図である。

【図3】複数画像の連続取り込み時のフォーカス制御を対物レンズ部に配置した電極で行う走査電子顕微鏡の概略構成図である。

【図4】複数画像の連続取り込み時のフォーカス制御を対物レンズ部に配置した他の磁界発生用コイルで行う走査電子顕微鏡の概略構成図である。

【図5】複数画像の連続取り込み時のフォーカス制御を試料に印加する電圧の制御で行う走査電子顕微鏡の概略構成図である。

【図6】加速電圧が同じで、ビーム分解能が異なる場合の観察倍率と焦点深度の関係を表すグラフである。

【図7】ビーム分解能が同じで、加速電圧が異なる場合の観察倍率と焦点深度の関係を表すグラフである。

【図8】画像数を指定してフォーカスの異なる連続画像を取得する制御フローの一例を説明するフロー図である。

【図9】焦点深度の値を指定してフォーカスの異なる連続画像を取得する制御フローの一例を説明するフロー図である。

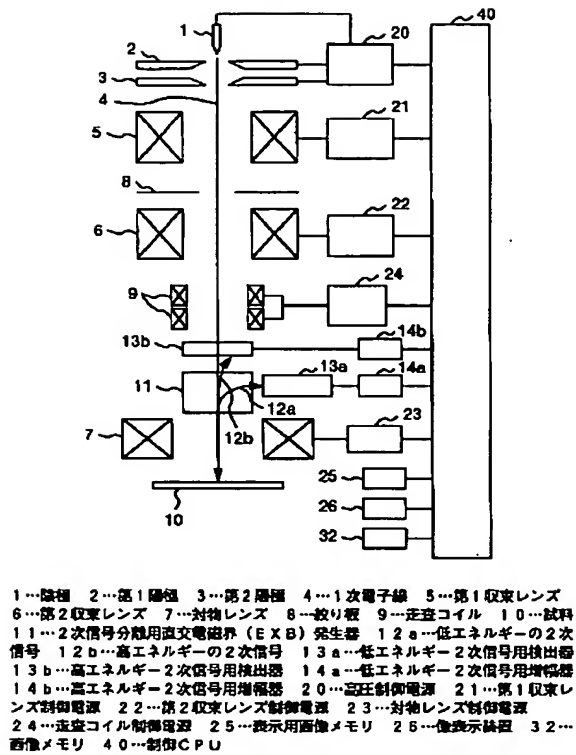
【図10】焦点の合う範囲を指定してフォーカスの異なる連続画像を取り込む制御フローの一例を説明するフロー図である。

【符号の説明】

1…陰極、2…第1陽極、3…第2陽極、4…1次電子線、5…第1収束レンズ、6…第2収束レンズ、7…対物レンズ、8…絞り板、9…走査コイル、10…試料、11…2次信号分離用直交電磁界（EXB）発生器、12a…低エネルギーの2次信号、12b…高エネルギーの2次信号、13a…低エネルギー2次信号用検出器、13b…高エネルギー2次信号用検出器、14a…低エネルギー2次信号用増幅器、14b…高エネルギー2次信号用増幅器、15…フォーカス制御用電極、16…フォーカス制御用磁界発生コイル、17…フォーカス制御電極用制御電源、18…フォーカス制御コイル用制御電源、19…試料印加電圧制御電源、20…高圧制御電源、21…第1収束レンズ制御電源、22…第2収束レンズ制御電源、23…対物レンズ制御電源、24…走査コイル制御電源、25…表示用画像メモリ、26…像表示装置、32…画像メモリ、40…制御CPU、42…データ処理用PC、43…表示用モニタ。

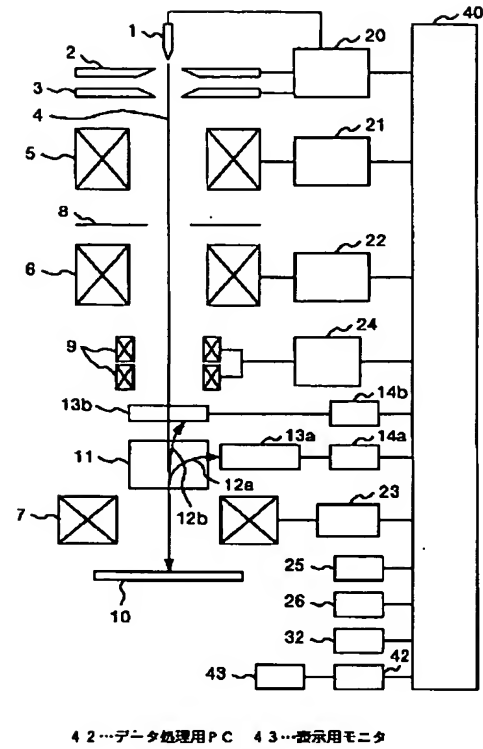
【図1】

図 1



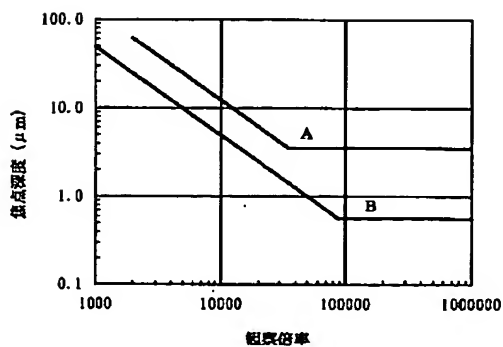
【図2】

図 2



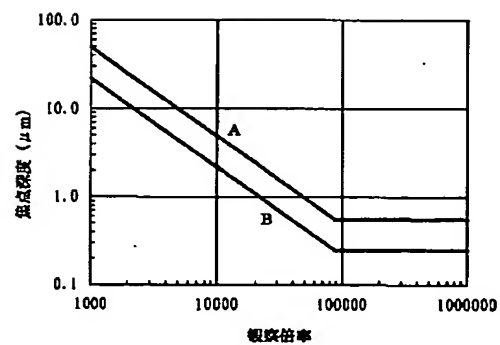
【図6】

図 6



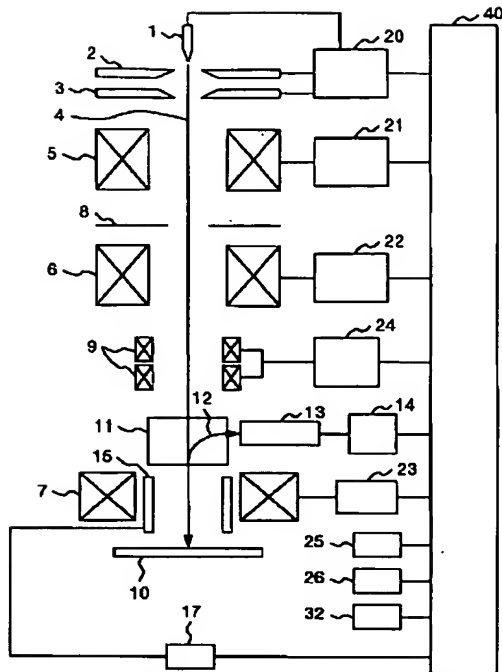
【図7】

図 7



【図3】

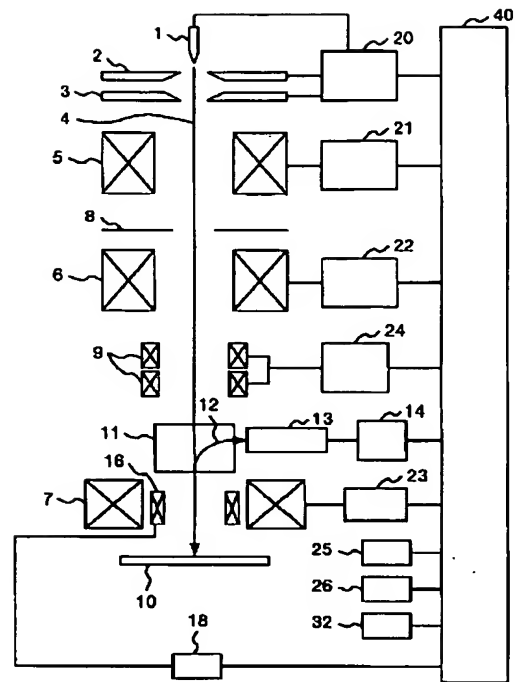
図 3



15…フォーカス制御用電極 17…フォーカス制御電極用制御電源

【図4】

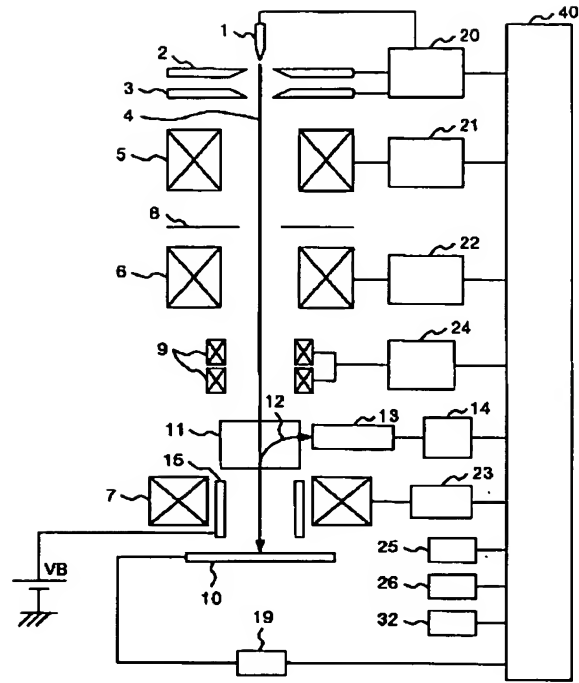
図 4



16…フォーカス制御用磁界発生コイル 18…フォーカス制御コイル用制御電源

【図5】

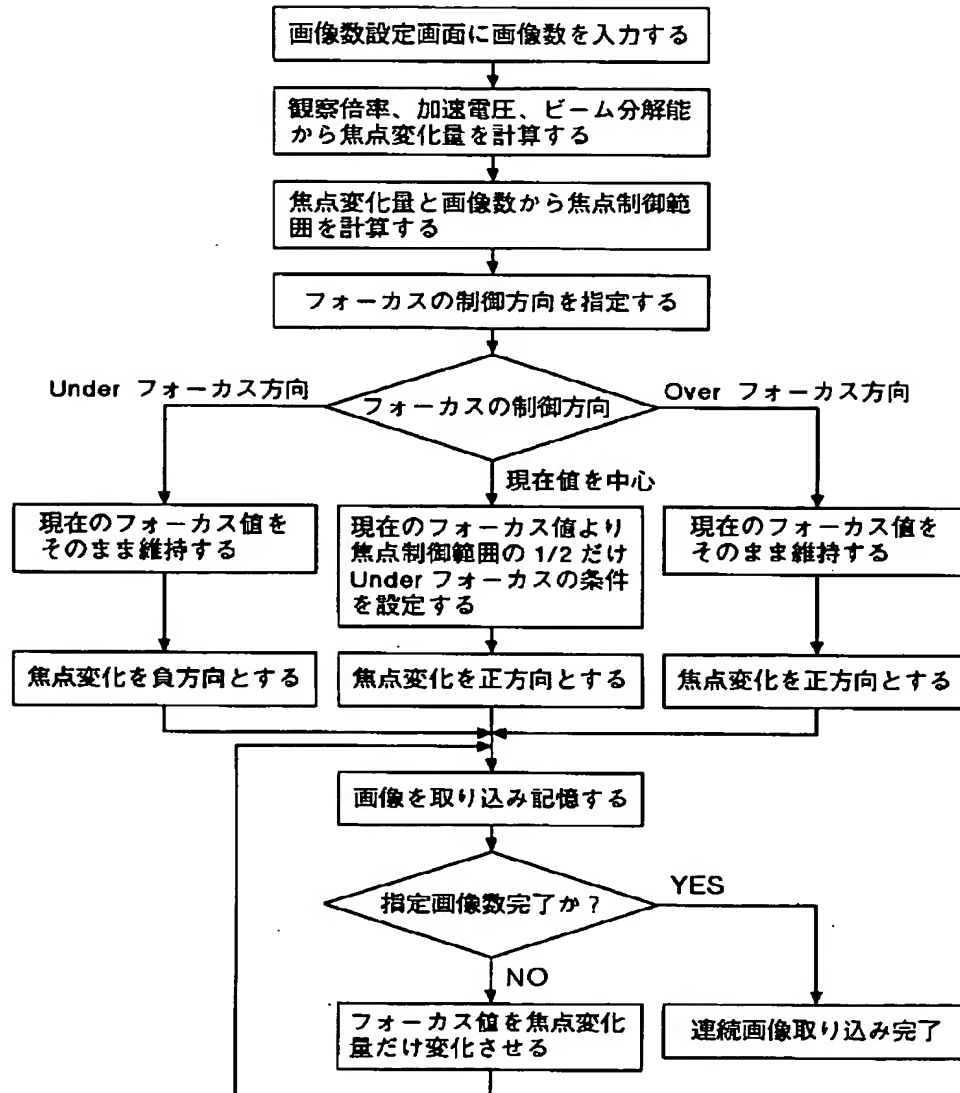
図 5



1'9...試料印加電圧制御電源

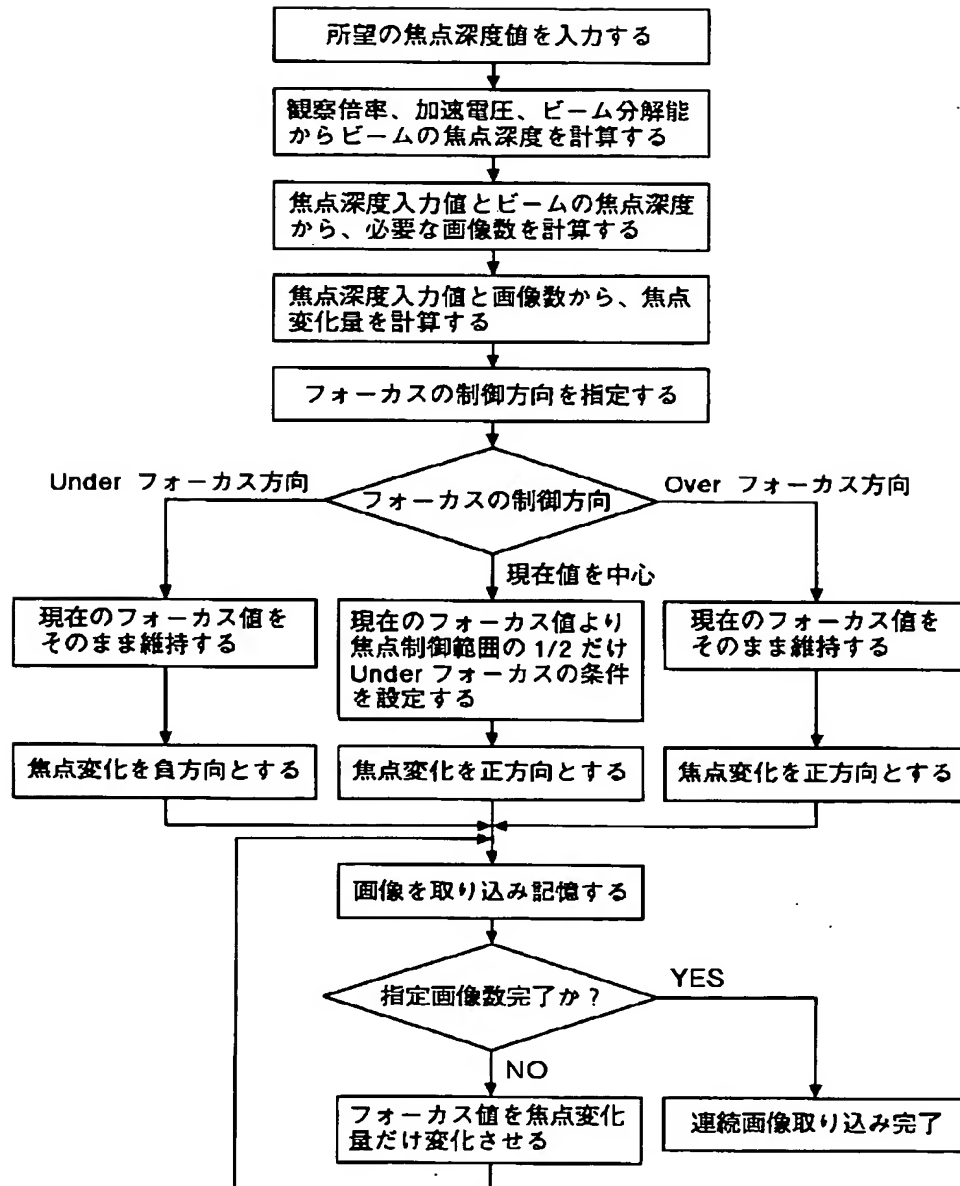
【図8】

図 8



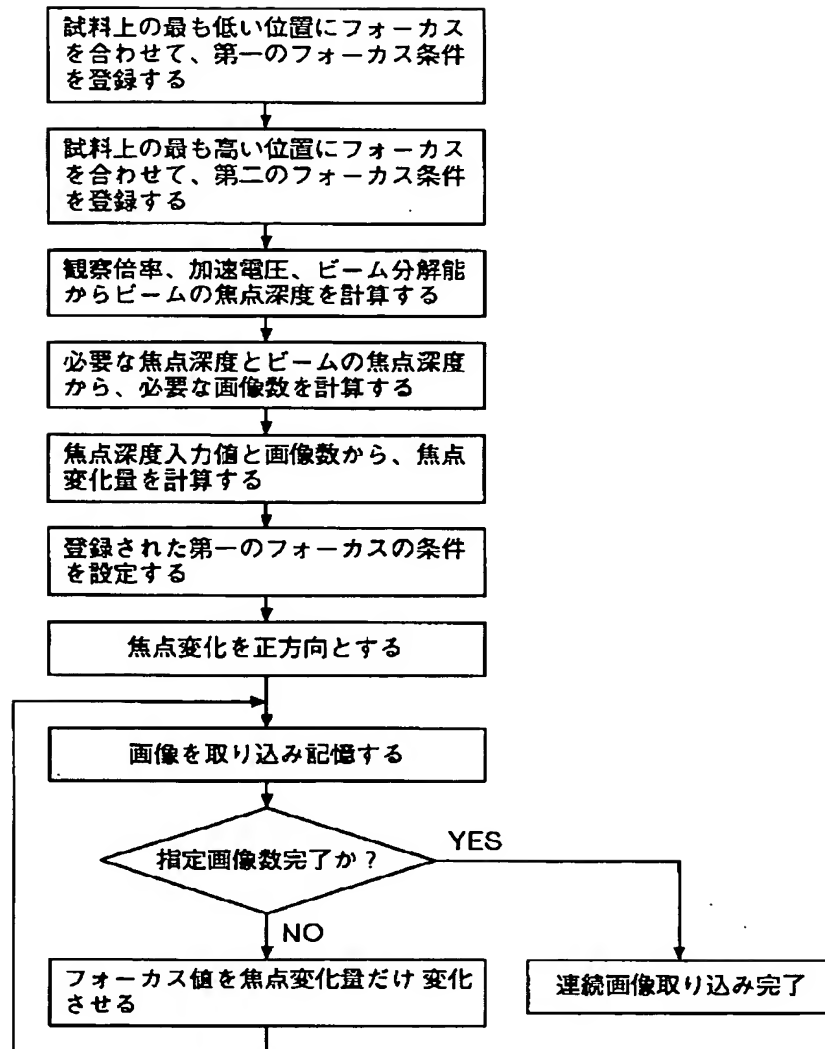
【図9】

図 9



【図10】

図 10



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷

H01J 37/28

識別記号

F I

H01J 37/28

ターコード (参考)

B

(72) 発明者 戸所 秀男

茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株
式会社日立製作所計測器グループ内

(72) 発明者 江角 真

茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株
式会社日立製作所計測器グループ内

(72) 発明者 ▲高▼根 淳

茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株
式会社日立製作所計測器グループ内

F ターム (参考) 5C033 MM02 MM05 UU05 UU06